



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113340564 B

(45) 授权公告日 2024. 12. 06

(21) 申请号 202110190657.9

(22) 申请日 2021.02.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113340564 A

(43) 申请公布日 2021.09.03

(30) 优先权数据
102020104167.5 2020.02.18 DE

(73) 专利权人 卡尔蔡司SMT有限责任公司
地址 德国上科亨

(72) 发明人 D.西马科夫 T.塞勒 S.斯坦纳特
D.拜尔 U.布特格雷特

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105
专利代理师 王蕊瑞

(51) Int.Cl.

G01M 11/00 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

(56) 对比文件

US 5504793 A, 1996.04.02

JP 2017058397 A, 2017.03.23

审查员 王丽丽

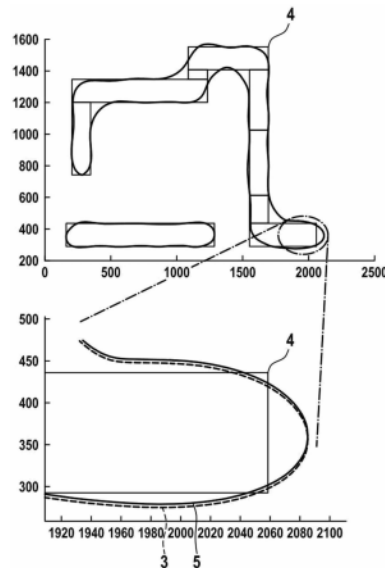
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

用于测量光掩模的方法

(57) 摘要

本发明涉及用于测量半导体光刻的光掩模的方法,其包括以下步骤:-记录所述光掩模的至少一个区域的空间像,-限定至少一个感兴趣区域(1),-在至少一个感兴趣区域(1)中确定结构边缘(3),-提供要由所述光掩模产生的期望的结构(4),-将确定的结构边缘(3)适配于所述期望的结构(4),-通过分离的配准测量的结果来移动适配的结构边缘。



1. 用于测量半导体光刻的光掩模的方法,包括以下步骤:
 - 记录所述光掩模的至少一个区域的空间像以生成所述光掩模的所述至少一个区域的记录的空间像,
 - 限定所述光掩模的至少一个感兴趣区域(1),
 - 基于所述记录的空间像在所述光掩模的至少一个感兴趣区域(1)中确定结构边缘(3),以生成所述光掩模的确定的结构边缘,
 - 提供要由所述光掩模产生的期望的结构(4),
 - 将在所述光掩模的至少一个感兴趣区域中的确定的结构边缘(3)适配于要由所述光掩模产生的所述期望的结构(4),以生成所述光掩模的适配的结构边缘,其中所述光掩模的所述确定的结构边缘被拟合到要由所述光掩模产生的所述期望的结构,
 - 通过分离的配准测量的结果来移动所述光掩模的适配的结构边缘。
2. 根据权利要求1所述的方法,
其中,在记录所述空间像之后,存在用于记录所述空间像的系统的图像像差的计算校正。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,
其中,在适配所确定的结构边缘(3)的步骤中使用基于所述掩模设计所模拟的空间像。
4. 根据权利要求3所述的方法,
其中,为配准测量系统和/或掩模检验系统生成模拟的空间像。
5. 根据权利要求1或2所述的方法,
其中,所确定的结构边缘用于创建所述掩模的校正策略或扫描仪曝光过程的校正策略。
6. 根据权利要求5所述的方法,
其中,掩模的一个校正策略是有目标地物理拉伸所述掩模。
7. 根据权利要求5所述的方法,
其特征在于,
创建至少两个掩模的匹配的校正策略。

用于测量光掩模的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2020年2月18日提交的德国专利申请DE 10 2020 104167.5的优先权,其内容通过引用全部并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种用于测量半导体光刻的光掩模的方法,特别是用于确定所谓的配准误差的方法。

背景技术

[0004] 在上下文中,配准应当被理解为意味着掩模上(以及后续也在晶片上)的结构相对于光掩模上的位置标记(所谓的对准标记)的位置。在投射曝光设备中,掩模上的对准标记特别地还用于相对于设备的成像光学单元设置掩模位置(以及因此晶片上成像的位置)。

[0005] 因此,配准误差是关于分别相关联的对准标记并且因此关于掩模坐标系的掩模上的结构的实际位置相对于预期位置的偏离。特别是在出于在晶片上形成复杂结构而实行所谓的双重曝光的情况下,即晶片上的一层通过两个不同的光掩模相继曝光的情况下,这样的误差相加,所以在这种情况下,正确配准或至少准确掌握配准误差是特别重要的。

[0006] 例如坐标测量机的不同系统当前可用于确定光掩模的配准。这样的系统提供低至亚纳米范围的出色空间分辨率。为了确定配准,典型地使用要曝光的某些结构(所谓的特征)的记录的空间像或者结构的边缘的记录的空间像。但是,指定的系统使用照明和光学单元,其与投射曝光设备中的后续条件显著偏离。这导致在实际晶片上创建的轮廓在其相对位置方面和在其形式方面二者都与用于确定坐标测量机中的配准的轮廓显著偏离。因此,在掩模平面上测量的配准与晶片上生成的实际配准之间的相关性还不是最佳的。

[0007] 通过用于产生掩模的空间像的系统,可以更现实地表示晶片上所生成的光强度。前述系统的区别在于,它们相对良好地模拟了真实投射曝光设备的照明和成像条件,并且因此有助于预测晶片上所生成的像,特别是轮廓和边缘的像,这接近现实。但是,这些系统没有提供用于配准的高精度测量的选项。此外,记录的像中畸变的校正受到限制,由于畸变引起的误差类似于常规的配准误差,并且不能与成像平面中的配准误差区分开。

发明内容

[0008] 本发明的目的是指定一种方法,该方法允许在半导体光刻过程中更准确地预测晶片平面上的配准误差,而不需要为此曝光晶片。

[0009] 该目的是由具有如下所述的特征的方法来实现。下文描述的内容涉及本发明的有利发展例和变型。

[0010] 根据本发明的用于测量半导体光刻的光掩模的方法包括以下步骤:

[0011] -记录光掩模的至少一个区域的空间像,

[0012] -限定至少一个感兴趣区域(ROI),即,空间像中含有感兴趣结构的区域,

[0013] -在至少一个感兴趣区域中确定结构边缘,即,感兴趣结构的边界,

[0014] -提供由光掩模产生的期望的结构,

[0015] -将确定的结构边缘适配到期望的结构;这些结构还可以被称为“光刻目标”,

[0016] -通过分离的配准测量的结果来移动适配的结构边缘。

[0017] 由于光学效果和掩模设计规则,上述光刻目标在它们的轮廓方面与对应结构在空间像上的轮廓略微偏离。由于该偏离,出现所测量的结构的小定位误差。因此,从空间像中确定的结构处于它们的正确位置——除了上述小误差。

[0018] 因此,以这种方式获得数据记录或信息项,该数据记录或信息项含有关于预期的误差(特别是掩模的配准误差的)更精确的信息项。因此,结果特别地可以含有具有很大程度上正确的配准信息的掩模的真实空间像。

[0019] 为了改进对准和适配过程的质量,可以在产生空间像之后实现对用于产生空间像的系统的像误差、像差和成像像差的计算校正。

[0020] 在本发明的一种变型中,通过在适配确定的结构边缘的步骤中使用基于掩模设计所模拟的空间像,可以实现测量结果的改进。

[0021] 对于模拟的空间像,可以假设以此模拟的结构虽然与实际的空间像略微有偏差,但是处于它们的正确位置。然而,由于模拟中已经考虑了光学效果和设计规则,因此偏差很小。此外,基于强度水平的总体轮廓的对准比基于轮廓的对准更加精确。出于这两个原因,根据空间像测量的结构的对准得以改进。

[0022] 在此,可以为配准测量系统和/或掩模检验系统生成模拟的空间像。换言之,借助于配准测量系统和/或掩模检验系统的成像性质来生成模拟的空间像,以形成用于相应模拟的基础。

[0023] 可以在其他步骤中基于结果开发校正策略,以便校正所测量的误差。在此,可以校正晶片中的像上所测量的误差的效应或掩模本身的误差的效应。

[0024] 在第一变型中,确定的误差可以通过扫描仪固有的校正选项来校正。为此,确定的结构偏移例如充当了后续创建一种策略的扫描仪软件的输入参数,通过该策略在动态适配合适的扫描仪参数的情况下原位校正在扫描仪中曝光晶片时的畸变。

[0025] 在其他情况下,可以使用用于物理掩模畸变的设备,例如来自卡尔蔡司SMT GmbH的RegC或ForTune系统。这样的设备能够按点(at points)物理地拉伸掩模。当输入上述结果时,设备专用的软件可以开发适当的掩模处理。

[0026] 理想地,应组合地考虑扫描仪和掩模畸变设备的选项,以便获得最佳的校正结果。

[0027] 此外,并非掩模上的每个偏移对于要制造的半导体结构的功能都是等同关键的。在临界点处的小偏移应被评估为比非临界点处的较大偏移更重要。因此,可以有利的是,以各种方式通过对于某一点的临界性的量度来加权该点处确定的偏移。因此,可以借助于比较不临界的点更多地考虑临界点来进一步优化校正策略的创建。

[0028] 上面提及的实施例涉及其中掩模和晶片曝光生成芯片平面的情况。这称为单次曝光方法或单次图案化。

[0029] 然而,通过两次或更多次曝光(即,对于要使用的所谓的双重或多重曝光方法或双重或多重图案化)所产生的芯片平面不是不寻常的。通常,在过程中还使用两个或更多个掩模。这些掩模中的每一个对芯片平面的总体像有贡献,其具有掩模本身的畸变。

[0030] 在这种情况下,不仅绝对畸变而且畸变差对于后续半导体结构都起作用。因为根据所描述的方法对于每个掩模单独地生成畸变或误差,因此同样可以通过单独畸变的简单数学减法来计算畸变差,并且在这方面后续可以基于扫描仪和/或掩模来优化校正策略。在此,并不是在最大可能的程度上单独地校正每个掩模,而是每个掩模都接收在后续的半导体结构上生成最小可能的组合的总畸变的校正。

附图说明

[0031] 在下文参考附图更详细地解释本发明的示例性实施例。附图中:

[0032] 图1示出了掩模的示例性空间像,

[0033] 图2示意性地示出了图1所图示的空间像中的像误差,特别是畸变,

[0034] 图3示出了将空间像细分为不同的感兴趣区域,

[0035] 图4示出了提取的结构轮廓,

[0036] 图5示出了掩模设计与空间像的可选匹配的结果,

[0037] 图6示出了晶片上的期望的结构,

[0038] 图7示出了一示意图,其中与直到这一点之前获得的结果一起呈现分离的配准测量的结果。

具体实施方式

[0039] 图1示出了通过掩模检验系统记录真实掩模的结果。图示了如实质上也将出现在扫描仪中出现的掩模的空间像,但是由掩模检验系统在与扫描仪等同的条件下记录该空间像。掩模检验系统借助于在照明侧在最佳可能的程度上再现扫描仪来创建与扫描仪等同的条件。作为示例,这包括使用与扫描仪中使用的波长相同或非常相似的光源对照明图案(所谓的设置)以及偏振图案的灵活设置。强度分布——如也将投射到要曝光的晶片的光致抗蚀剂中——是可识别的。

[0040] 图2示意性地示出了可以追迹回到掩模检验系统的畸变,并且从图1所图示的像中减去该畸变以达到像校正目的。因为这些畸变仅与掩模检验系统有关,所以它们与在扫描仪中掩模的后续使用无关,并且因此与芯片制造无关。因此,将畸变分离为由掩模本身引起的畸变和由掩模检验系统引起的畸变是有利的。

[0041] 图3图示了将畸变校正的像细分成不同的子区域,所谓的“感兴趣区域”1,其在该图示中使用虚线绘制。这些感兴趣区域1(下面表示为“ROI”)实质上借助于含有感兴趣的自包含的特征或特征组来限定,即,晶片上生成且因此在掩模上创建的某些结构2或结构组。

[0042] 图4示出了对于单独ROI 1的第一轮廓提取的结果。在此,轮廓借助于某一强度值(最初限定的所谓阈值)来提取,所述阈值表示在真实晶片上创建边缘的度量。不言而喻的是,光刻过程的过程专用的参数(诸如采用的光致抗蚀剂的类型)也具有对阈值的影响。从图像处理中已知大量的边缘检测方法(例如,canny方法、Sobel方法、基于梯度的方法等等)。还可以使用该组中的另一个方法代替阈值。此外,还可以通过人工智能从使用适当的空间像训练的数据记录中导出轮廓。因此,获得在单独ROI中以实线图示的结构边缘3,即,界定所提取的轮廓的边缘3。

[0043] 图5示出了掩模设计与空间像的可选匹配的结果。

[0044] 图6图示了晶片平面中的期望的结构,即,光刻目标4,如实质上由直线路径界定的结构。现在,将在掩模检验系统中测量的边缘3拟合到这些结构4。特别地,阈值及x和y位置作为拟合参数成为问题。根据拟合过程获得相对于光刻目标4在晶片平面中实际测量的轮廓的最佳可能叠加。通过使用掩模检验系统使得所描述的精确适配是可能的,因为如已经提到的掩模检验系统在很大程度上再现了扫描仪的性质。因此,在拟合过程中晶片平面中的相对位置(x和y位置)及具有其对边缘位置的影响的阈值变化,直到已经满足指定的优化标准。因为x和y位置被考虑为拟合过程的参数,所以无法再以足够的准确度从结果推断出结构边缘的位移。特别地,可以针对任何ROI实行基于图6描述的过程。这首次促进扫描仪中生成的实际轮廓(包括所有光学成像效应)与其在掩模上的位置的组合。

[0045] 图7图示了其他步骤,其中将分离的配准测量的结果应用到目前为止所获得的结果。图中(特别是在图的底部所图示的细节放大图中)示出的是光刻目标4,其可以通过其直线边界、来自空间像测量的拟合轮廓3(使用虚线图示)以及由分离测量的配准误差偏移的轮廓5所识别出。在此,配准误差特别地可以通过坐标测量机来确定,自然地,用于确定配准误差的其他处理也是可以想到的。获得的像通过其丰富的信息内容而区分开。首先,它含有对晶片上期望的轮廓的真实表示(从掩模检验系统的空间像获得),其次,它还含有每个感兴趣区域所期望的配准误差。特别地如果在晶片的同一层上的结构旨在于通过由两个不同的掩模的双重曝光来生成,则可能出现以下情况:掩模的不同但存在的配准误差会相加以及结合与光刻目标偏离的特征的真实轮廓的情况导致因此生成具有缺陷的结构。由于根据本发明能够基于掩模测量及时地识别出可预见的问题,因此可以通过已知系统承担有效适当的掩模校正。

[0046] 然而,上述方法假设由掩模检验系统记录的空间像和由配准测量系统记录的空间像彼此没有不同或仅略微不同。然而,因为前述系统尤其是在照明和数值孔径方面显著不同,因此该假设不是很正确。因此,存在由配准测量系统确定的配准误差不可完全转移到由掩模检验系统生成的空间像的可能性。

[0047] 为了解决这个问题,除了已知的方法步骤以外,还通过模拟,特别是通过基尔霍夫模拟或严格的模拟,从掩模设计生成配准像和掩模检验系统像。配准像的模拟供应用于配准的值;特别地,例如还考虑已知的成像像差,诸如畸变。通常在任何情况下都出于确定配准的目的来实行该模拟。根据将两个模拟的像相互比较,可以导出配准测量系统与掩模检验系统之间的配准测量的差分误差,这可以在掩模的进一步测量和资格鉴定期间考虑。

[0048] 特别地,首先基于模拟的空间像(而不再基于光刻目标)来实行x/y适配。

[0049] 然后,在第二步骤中且在没有对x和y值的进一步适配的情况下,阈值被适配为使得在最大程度上从光刻目标获得相应考虑的结构CD值。

[0050] 因此,因为掩模设计的模拟使得OPC(即,基于掩模设计是从光刻目标开始限定的软件)的误差是可识别的,所以获得确定的结构相对于光刻目标的偏移的表示等等。

[0051] 附图标记列表

- [0052] 1 感兴趣区域 (ROI)
- [0053] 2 结构
- [0054] 3 结构边缘
- [0055] 4 光刻目标

[0056] 5 与配准测量的偏移轮廓

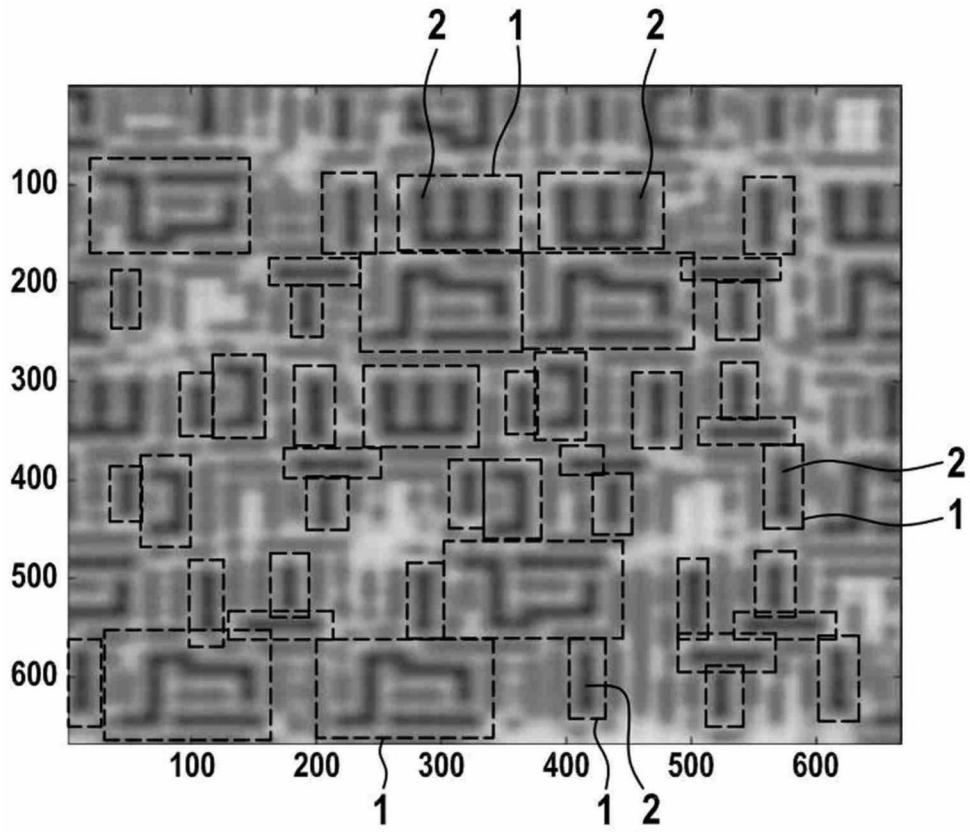


图3

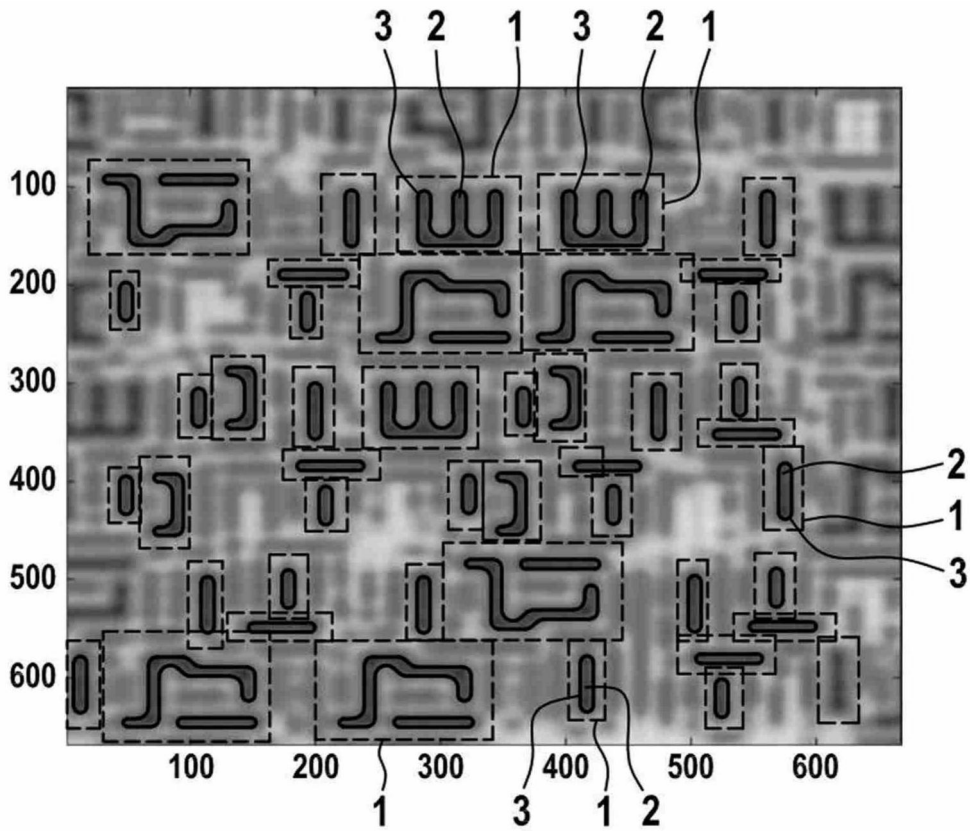


图4

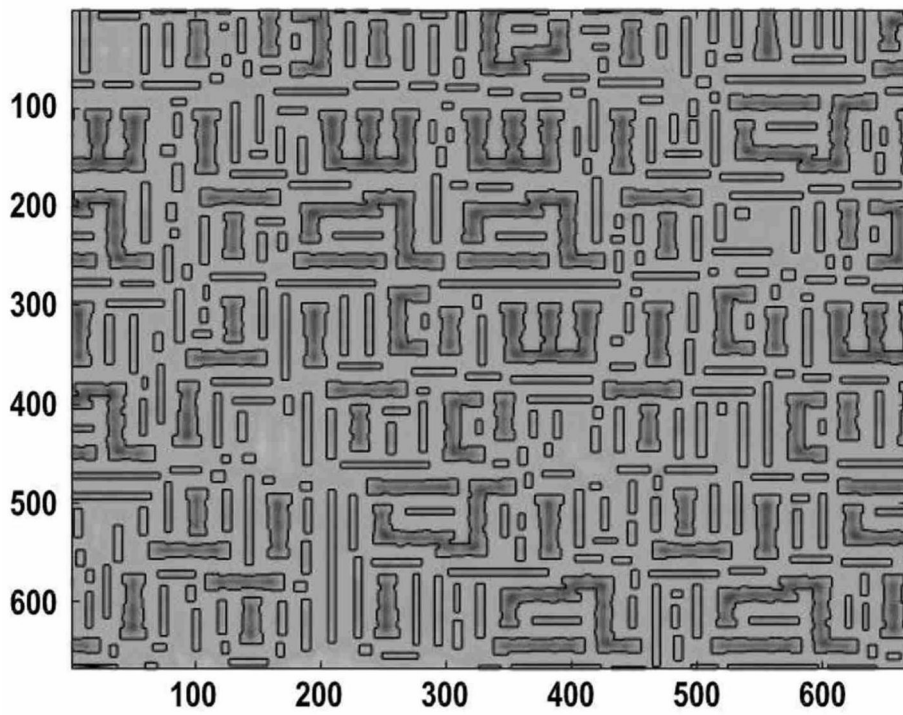


图5

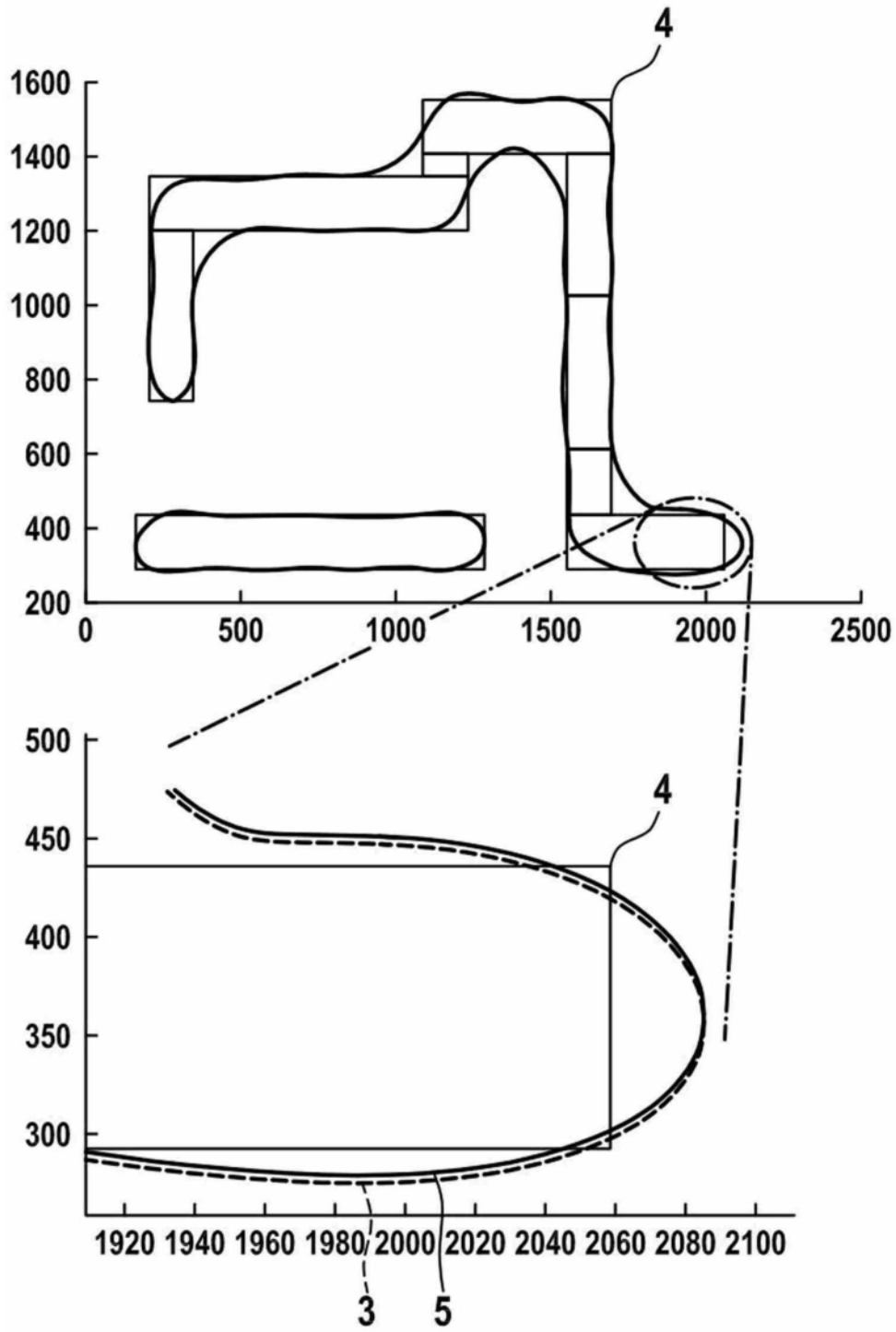


图7